

9) Bulletin

LIBRARY

DEC 9 1959

3(9)

FISH & WILDLIFE SERVICE

INTER - AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION
COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL

P
L
B

Bulletin – Boletín
Vol. III, No. 9

**THE CHAETOGNATHA OF THE EASTROPIC EXPEDITION, WITH
NOTES AS TO THEIR POSSIBLE VALUE AS INDICATORS
OF HYDROGRAPHIC CONDITIONS**

**LOS QUETOGNATOS DE LA EXPEDICION EASTROPIC, CON
APUNTES SOBRE SU POSIBLE VALOR COMO INDICADORES
DE LAS CONDICIONES HIDROGRAFICAS**

by — por

PAUL N. SUND and-y JAMES A. RENNER

La Jolla, California

1959

INTER - AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION

COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL

Bulletin — Boletín

Vol. III, No. 9

**THE CHAETOGNATHA OF THE EASTROPIC EXPEDITION, WITH
NOTES AS TO THEIR POSSIBLE VALUE AS INDICATORS
OF HYDROGRAPHIC CONDITIONS**

**LOS QUETOGNATOS DE LA EXPEDICION EASTROPIC, CON
APUNTES SOBRE SU POSIBLE VALOR COMO INDICADORES
DE LAS CONDICIONES HIDROGRAFICAS**

by — por

PAUL N. SUND and-y JAMES A. RENNER

La Jolla, California

1959

CONTENTS — INDICE

ENGLISH VERSION — VERSION EN INGLES

	Page
INTRODUCTION	395
METHODS AND MATERIALS.....	396
OCEANOGRAPHIC DESCRIPTION OF THE REGION OF STUDY.....	397
SPECIES DISTRIBUTION RELATIVE TO HYDROGRAPHIC VARIABLES.....	400
SUMMARY AND CONCLUSIONS.....	403
FIGURES — FIGURAS	405
TABLES — TABLAS	422

SPANISH VERSION — VERSION EN ESPAÑOL

	Página
INTRODUCCION	423
MÉTODOS Y MATERIALES.....	424
DESCRIPCION OCEANOGRAFICA DE LA REGION ESTUDIADA.....	426
DISTRIBUCION DE LAS ESPECIES EN RELACION CON LAS VARIABLES HIDROGRAFICAS	429
SUMARIO Y CONCLUSIONES.....	432
LITERATURE CITED — BIBLIOGRAFIA CITADA.....	434

THE CHAETOGNATHA OF THE EASTROPIC EXPEDITION, WITH NOTES AS TO THEIR POSSIBLE VALUE AS INDICATORS OF HYDROGRAPHIC CONDITIONS

by

Paul N. Sund and James A. Renner

INTRODUCTION

From studies of the amount and composition of the plankton in different areas of the sea, several workers have reported variations in the zoogeographical affinities of certain species that can be related to hydrographic features. Meek (1928), Huntsman (1919), Bigelow (1926), Russell (1935a, 1935b, and 1939), Alvariño (1957), Thomson (1947), and Bieri (1957a and b) are a few. In the Eastern Tropical Pacific Ocean the distributions of species of planktonic organisms are not well known. Among the limited number of reports that deal with the Chaetognatha of this region are those of Michael (1908 and 1911), Baldasseroni (1915), and Bieri (1957b).

The purpose of this study was to investigate the possibility that certain species of Chaetognatha found in Eastern Tropical Pacific waters can serve as biological indicators of oceanographic features. "Indicator" organisms have been found useful in identifying water types, in tracing the pattern of current systems, and in tracing the origin of moving water masses. To be of use in this type of study, the organisms must be sufficiently abundant to be readily sampled, and easily identified to species; they must also, at least partially, fulfill the additional requisites listed and discussed by Sverdrup, Johnson, and Fleming (1942, pp. 866-867). Among several groups of organisms fulfilling these requirements are the Chaetognatha. Specimens of this group of animals occurred in large numbers in the plankton samples used for this study. The works of Thomson (1947), Fraser (1942), Ritter-Zahony (1911), and Sund (1959) were used for identification.

With the results of this report serving as a basis for further investigations, it is hoped that information concerning these indicator species, in conjunction with oceanographic data, will be useful in distinguishing different oceanic environments. This may be valuable in understanding temporal and spatial variations in abundance of the tunas.

The authors wish to express their gratitude to Dr. W. Brandhorst and Mr. G. Volkman for preparing, and permitting us to use, the hydrographic sections.

METHODS AND MATERIALS

The Chaetognatha were isolated from aliquots of selected zooplankton samples collected by University of California Scripps Institution of Oceanography vessels taking part in the Eastropic Expedition, October 1, to December 17, 1955. Figure 1 illustrates the location of all stations occupied by the *RV Horizon* and a few of those occupied by the *RV Spencer F. Baird*. The solid symbols indicate those stations from which zooplankton samples were inspected in the course of this investigation. The zooplankton hauls were made obliquely from a depth of about 300 meters to the surface, using standard one-meter nets. The methods of sampling and other pertinent data have been fully described by Holmes, Schaefer, and Shimada (1957). The specimens were identified to species and the number of each was calculated to give a standardized value of the number of individuals present in 1000 cubic meters of water at each station.

For the stations along sections 1-22 and 66-97, the number of individuals of a given species (per 1000 m³ strained) at each station of a section was expressed as a percentage of the total number of that species found at all stations of the section. These percentages were computed by the formula:

$$Y_i = \frac{100n_i}{\sum_{i=1}^r n_j}$$

where: Y_i is the percent of the species at the i^{th} station in the section

n_i is the number per 1000 m³ of the species found at the i^{th} station in the section

and, $i = 1, 2, \dots, r$ stations in the section.

These percentages are represented graphically as histograms, which show the distributions and relative abundance of the species at stations along the two sections (Figures 2 and 4). These species distributions are considered in relation to the distributions of certain hydrographic variables. Since the tows sampled that portion of the water column between the surface and 300 meters, the hydrographic features also are considered only to that depth.

The percentage frequencies of occurrence of the individual species have been plotted to show their comparative distributions between areas of generally characteristic oceanographic features (Figure 6). These areas are delineated in Figure 7 on the basis of the general oceanography of the region under consideration. However, the positions of the boundaries are somewhat arbitrary and in no way can be considered permanent. The following formula was the basis for the computations:

$$Y_j = \frac{100 \sum_{i=1}^r n_{ji}}{\sum_{i=1}^k \sum_{i=1}^r n_{ji}}$$

where: Y_j is the percent of the total of a species present at stations inspected in area j

n_{ji} is the number of the species per 1000 m³ at the i^{th} station in the j^{th} area

r is the number of stations inspected within area j

and, k is the number of areas (=9).

Also presented are plots of the horizontal distribution of each species. These illustrate the areas of relative abundance by contouring the percentages of each species present at all stations inspected (Figures 9-27). These percentages were computed by the formula:

$$Y_{ji} = \frac{100 n_{ji}}{\sum_{ji} n_{ji}}$$

where: Y_{ji} is the percent of a species present at the i^{th} station

n_{ji} is the number per 1000 m³ of the species found at the i^{th} station in the j^{th} area.

Such small numbers of certain species were taken that the chance of their being missed by the net was great enough to cause their distribution to appear quite spotty. Thus, the apparent spottiness of such species as *S. bipunctata*, *S. decipiens*, *E. hamata*, and others probably are due to sampling error; and their true distributions are not necessarily those represented in the figures. The total number of specimens is indicated by "n" in Figures 9-27.

OCEANOGRAPHIC DESCRIPTION OF THE REGION OF STUDY

The region surveyed by the Eastropic Expedition encompasses portions of two water masses as defined by Sverdrup, Johnson, and Fleming (1942); the Equatorial Pacific Water Mass and the Transition Region, which is composed of waters of characteristics intermediate between those of the Subarctic Water Mass and the Equatorial Pacific Water Mass. The California Current flows over this Transition Water. The surface currents present in the region include the California, North Equatorial, South Equatorial, and Peru Currents, and the Equatorial Countercurrent.

From distributions of temperature (Figures 3 and 5) and the specific volume anomaly (Figures 2 and 4), the approximate positions of the current boundaries as well as the distributions of dissolved substances at the time of the expedition may be seen. Figure 8 illustrates in a plan view the locations of current boundaries and changes in character of the surface waters. As indicated in the figures, one of these changes occurred at about 23°N , where the cool waters of the California Current met the warmer, more tropical waters of the North Equatorial Current.

Another important transition zone was present to the east and north of the Galapagos Islands, where the colder Peru Current met the equatorial waters of the Panama Bight.

Current boundaries were present at approximately 23°N , where the California Current and the North Equatorial Current joined; at 7° - 10°N , where the north boundary of the Equatorial Countercurrent was found; and at 3° - 7°N , where occurred the southern boundary of the Equatorial Countercurrent. To the south of 3°N were located the South Equatorial and Peru Currents.

Nine areas of generally characteristic hydrographic features were selected for study within the region surveyed by the expedition (Figure 7). Brief descriptions of these are given below.

Area 1: Panama Bight

This area is characterized by warm waters of low salinity, probably originating from the Equatorial Countercurrent. Within the Gulf of Panama these waters are modified in character by the seasonal phenomena of heavy rainfall and upwelling (Schaefer, 1956). The upwelling causes colder, more saline water of high phosphate content to be brought nearer the surface, consequently increasing the productivity of the area.

Area 2: Region of Thermal Ridging off the Central American Coast

This highly productive area is characterized physically by the presence of a thermal dome, an area in which the thermocline is often less than ten meters in depth, and at times reaches the surface. Associated with this phenomenon are high phosphate waters of deeper origin, the availability of which is apparently continuous due to the combined effects of vertical mixing and upward flow (Cromwell, 1958).

Comparison of thermocline topography and zooplankton volumes in this and other areas in the Eastern Tropical Pacific reveal striking correlations (Brandhorst, 1958). Where the thermocline is shallow, zooplankton volumes are invariably high, and where the thermocline is very deep, volumes are low. The volumes may vary considerably where the thermocline occurs at intermediate depths. Thus, where the thermocline is at extremes of depth, it exerts a major influence on production; but this is not the case when at intermediate depths. This influence is apparently

reflected in the abundance of certain chaetognath species, i.e., *S. bedoti*, *S. pulchra*, *S. minima*, *K. pacifica*, and possibly others.

Area 3: Coastal North Equatorial Current

The waters of this area are basically similar in character to those of the Offshore North Equatorial Current (Area 4). The differences are primarily due to the proximity to the coast; they are influenced by the enrichment processes associated with coastal upwelling. There is also some evidence for the existence of a current flowing northward along the coast during part of the year. Reflecting the richer waters of this region are higher zooplankton volumes, and increases in the abundance of a few chaetognath species.

Area 4: Offshore North Equatorial Current

This current flows from east to west. It is formed in part by the northward turning waters of the Equatorial Countercurrent off Central America. To these waters are later added those of the California Current. A striking feature revealed by the sections, Figures 3 and 5, is that a large portion of the water column is occupied by low oxygen-high phosphate water. This is also shown by Wooster and Cromwell (1958). In these two sections this water comes to within approximately 50 meters of the surface. The surface salinity values are somewhat higher than those found in the Equatorial Countercurrent to the south, and the California Current to the north.

Area 5: Offshore Equatorial Countercurrent

This current usually lies between 3° and 10°N latitudes (Sverdrup, 1943, p.194). At the time of the Eastropic Expedition, however, it was apparently displaced slightly to the north.

Area 6: Peru Current and South Equatorial Current

The Peru Current originates in the subantarctic region as a part of the Subantarctic Water that is deflected toward the north when approaching the American Continent. The current flows north along the South American coast and then turns to the west at its northern limits, a little south of the equator.

Upwelling along the coasts of Chile and Peru is a conspicuous feature of the current and results in cold, nutrient enriched waters from moderate depths being drawn to the surface with the offshore movement of warmer surface waters away from the coast.

After leaving the South American coast, the Peru Current waters join those of the South Equatorial Current, which flows west across the Pacific. The sections do not show the distribution of the properties of the Peru Current; but those of the South Equatorial Current are presented.

The divergences near the equator must be expected to be regions of high productivity, because the ascending motion brings water rich in

nutrients into the euphotic zone, where it is readily utilized. This expectation has been confirmed by Holmes, Schaefer, and Shimada (1957).

Area 7: California Current

At certain times of the year (March to July), north-northwest winds prevail off the coast of California giving rise to upwelling. During this season of upwelling a countercurrent containing Equatorial Water flows close to the coast at depths below 200 meters (Sverdrup and Fleming, 1941). This is apparently analogous to the subsurface current off the Peru coast (Sverdrup, 1943 p. 201). These phenomena were not observed by the Eastropic Expedition.

Areas 8 and 9: Variable Waters of the Offshore South Equatorial Current, and the Variable Waters off the coast of Ecuador

The former occurs near the northern boundary of the South Equatorial Current, where this current converges with the Equatorial Countercurrent; and due to the resultant mixing of the two bodies of water, their individual characteristics are obscured.

This same type of phenomenon is also probably responsible for the variable character of the water in Area 9. Here, the cause is probably the passing of the colder Peru Current water in proximity to the warmer waters of more tropical features common to the region of the Panama Bight.

SPECIES DISTRIBUTION RELATIVE TO HYDROGRAPHIC VARIABLES

In Figures 2 and 4 the relative abundance of each species present at stations 1-22 and 66-97 are represented as histograms. These histograms, and the horizontal distributions of the species (Figures 9-27), are considered in relation to the four hydrographic variables: temperature, salinity, oxygen, and phosphate-phosphorous, which may serve as factors limiting the distributions of organisms. Thermostatic anomaly (δ_T) sections are shown in Figures 2 and 4 to illustrate the manner in which comparisons were made. The δ_T sections are included because from them can be inferred the direction of geostrophic currents in the region of study.

By comparing the distribution of each species with the distribution of the variables, certain relationships become apparent; these are discussed below. But these correlations can be only hypothetical due to the lack of knowledge of the vertical distribution of the species. This is illustrated by Table 1, which lists the ranges of the hydrographic variables in the upper 300 meters at all stations at which each species was found. Inspection of the table reveals that these ranges are close to the entire range of the variables themselves. The vertical distributions of the species are now being studied, and it is hoped that the information to be gained from this work will contribute to a better understanding of the species distributions in relation to environmental variables.

Sagitta bedoti has been discussed by Bieri (1957b) with regard to the incursion of warm equatorial waters southward into the waters off the coast of Ecuador and Peru. The changes in water character in this area are the most striking in the entire region of this study. Bieri's hypothesis of *S. bedoti* indicating the southward movements of equatorial waters is supported to some extent by the data presented in Figure 9, which represents the horizontal distribution of this species, and the chart of the currents and water mass boundaries at the time of the expedition (Figure 8).

S. bedoti's presence at Station F-55, which is very close to the north boundary of the Peru Current, is an exception to its association with the warmer equatorial waters. The presence of the species at that site is difficult to explain, because the thermograph records from the region show cold waters at the surface throughout the offshore area near the station and between that location and the coast. The distribution of *S. bedoti* does merit close and repeated observation in this region, since it is evidently most often associated with the equatorial waters and is seldom present in the colder waters to the south.

Figures 6 and 10 indicate that *S. bipunctata* is most often present in the colder waters found at the north and south extremes of the survey area. Dissolved oxygen and phosphate may have some effect on this species distribution; an increase of percentage occurrence correlated with increasingly higher oxygen and decreasing phosphate values is seen in section 22.

By far, the greater quantities of *S. decipiens* occur in Area 7 (Figure 11). However, its presence in waters of widely differing character does not allow for speculation as to its indicator value.

S. enflata occurred at all stations inspected (Figure 12). Therefore, it is not possible to consider the relationships of this species to the hydrographic variables other than to show its relative abundance in different areas.

It is the opinion of most workers that *S. enflata* occurs in the upper several hundred meters in almost all areas of the oceans, from approximately 40°N to 40°S. There are no grounds upon which to base any correlations within this vast region without data on the vertical distribution of the species.

S. ferox is apparently confined to the tropical waters (Figure 13). But due to its being infrequently encountered, it is impossible to speculate on its indicator value.

S. hexaptera is present throughout most of the area covered by this study (Figure 14). The available data do not reveal reasons for its absence from stations at which it was not found; but from a general point of view,

S. hexaptera is probably cosmopolitan in distribution in the waters surveyed.

S. lyra was encountered sporadically over most of the region studied (Figure 15). The only relationship of probable significance is that this species is absent from much of the area off the southern coast of Mexico that is characterized by low oxygen-high phosphate waters. This is possibly an example of the exclusion of a species from a certain water type.

For the most part, the distribution of *S. minima* (Figure 16) is very similar to that of *S. lyra*. It is apparently also excluded from part of the low oxygen-high phosphate waters off Mexico; but not to such an extent as is *S. lyra*. Furthermore, it is very abundant in Area 3, which is of a similar character with regard to richer waters approaching the surface. With further information concerning the vertical as well as the horizontal distributions of these two species, it is possible that they can be utilized as indicators of the limits of that water.

S. neglecta was rarely encountered in the Eastropic material (Figure 17). The highest concentrations of this species occurred near the Gulf of Tehuantepec where the waters are often richer in nutrients due to the enrichment processes associated with upwelling and shallow thermocline depth. Its other occurrences evidently do not relate to other hydrographic features.

Except for its presence at one station south of the Galapagos Islands, *S. pulchra* is confined to tropical waters (Figure 18), and may therefore prove to be of indicator value in determining the boundary between the waters of the Peru and South Equatorial Currents and those of equatorial character to the north. It possibly also can aid in the tracing of the boundary of the low oxygen-high phosphate waters off the Mexican coast, since it does not occur north of the southern boundary of that water.

S. regularis is widely distributed in moderate numbers throughout much of the tropical region (Figure 19). It is absent from the colder waters of both the California Current and the Peru Current. It therefore has definite promise for use as an indicator of the boundaries separating the equatorial waters from those of different character to the north and south.

The relationship of *S. robusta* (Figure 20) to any of the hydrographic variables must remain unanswered because at the stations in the two sections the data conflict with regard to its association with high or low values of S, O₂, PO₄-P, and temperature. This species was seldom present in the samples inspected, and this may be the cause for the apparent lack of correlations. The larger percentages are, nevertheless, seen to be concentrated in areas of low oxygen and high phosphate content.

At least two species of the *serratodentata* group are present in the Eastropic collections. *S. pacifica* and *S. pseudoserratodentata* (Figures 21 and 22) have been positively identified. But the presence of juveniles of questionable identity makes any consideration of the affinities of the member species in relation to hydrographic features impossible. Furnestin (1953) has found that the different species of this group from the Eastern Atlantic and the Mediterranean rarely exist in the same waters. There, the species are separated principally by their salinity tolerances. At the present time, no similar distinctions are possible for the Eastern Tropical Pacific species.

S. tenuis was found only at stations in and near the Gulf of Panama (Figure 23). The distribution is confined to such a small area that the species cannot be considered of indicator value; unless it can be shown that it is associated with areas of high productivity such as coastal waters and offshore waters of the character of the thermal dome off Central America.

Krohnitta pacifica may be another species the distribution of which is possibly influenced by the low oxygen waters off Mexico (Figure 24). However, its absence from waters of this character is restricted to the more offshore areas. It is also absent from the waters of the Peru and California Currents.

K. subtilis was present at stations in waters of all the currents within the region of this study (Figure 25). It is absent from part of the Mexican waters mentioned above, but the limits of its distribution in that area do not correspond with the limitations of that water.

Eukrohnia hamata occurs only at the north and south extremes of the two sections, with additional occurrences in the waters off the Gulf of Panama and near the Galapagos Islands (Figure 26). *E. hamata* was too infrequently encountered to be considered for use as an indicator species.

Pterosaqitta draco apparently is of cosmopolitan distribution within the region studied (Figure 27). Areas 1, 5 and 8 contained the greatest numbers of this species, but correlations between its abundance in those areas and features of the hydrography are not evident.

SUMMARY AND CONCLUSIONS

Of the nineteen species of Chaetognatha identified from the Eastropic zooplankton samples, the following merit close and repeated observation for possible use as biological indicators of hydrographic conditions in the Eastern Tropical Pacific:

S. bedoti may indicate water movements in the region of the boun-

dary between the Peru and South Equatorial Currents and the warmer equatorial waters to the north.

By observing the distribution of *S. lyra*, *S. minima*, *S. pulchra*, and *K. subtilis* in the region of low oxygen-high phosphate waters off the coast of Mexico, we may be able to determine the extent of the area influenced by that water.

S. pulchra may also prove to be an indicator of the cold-warm water boundary in the region of the equator, especially that portion of the boundary near the South American coast.

S. regularis and *K. pacifica* appear to inhabit warm waters. *K. pacifica* also seems to be somewhat limited in distribution by an affinity towards high oxygen waters. The distributions of these two latter species may also support the information obtained by the observations of the distributions of *S. bedoti* and *pulchra* in the equatorial region.

As initially stated, this report is preliminary in nature and is only intended to serve to give an insight into some possibilities of using certain species as "indicators". The six species mentioned immediately above appear at present to be the most promising in this regard. However, some or all of these may be disqualified and other species may be found to be of importance in the light of future findings. The next step is to determine the vertical distributions in the water column of the several species.

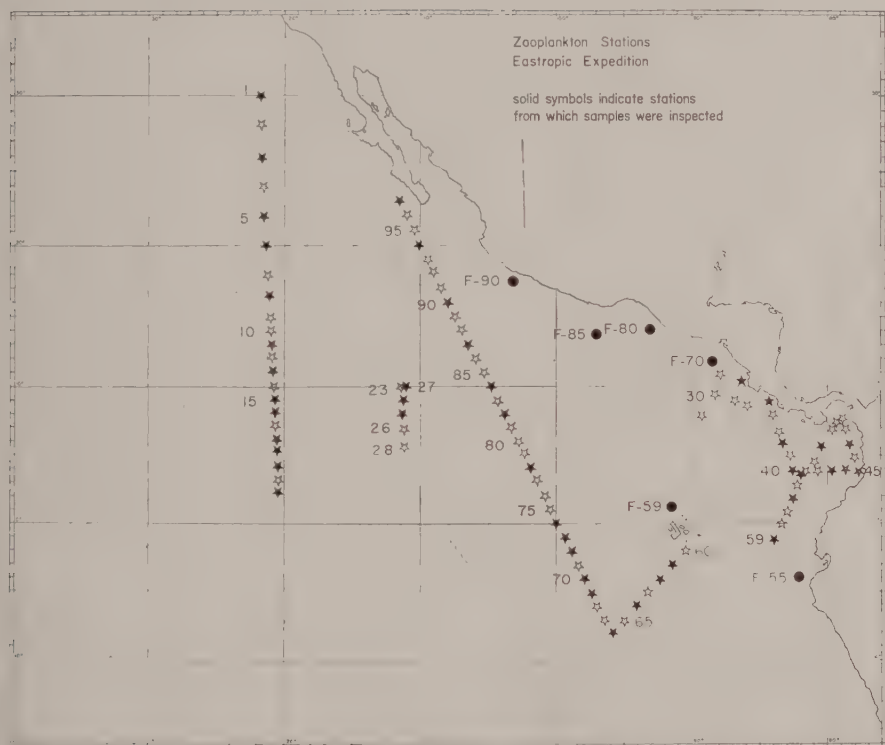


FIGURE 1. Stations occupied on Eastropic expedition. Stars indicate stations occupied by R. V. Horizon; circles, those occupied by R. V. Spencer F. Baird.

FIGURA 1. Estaciones ocupadas durante la Expedición Eastropic. Las estrellas indican las estaciones ocupadas por el R. V. Horizon; los círculos, las ocupadas por el R. V. Spencer F. Baird.

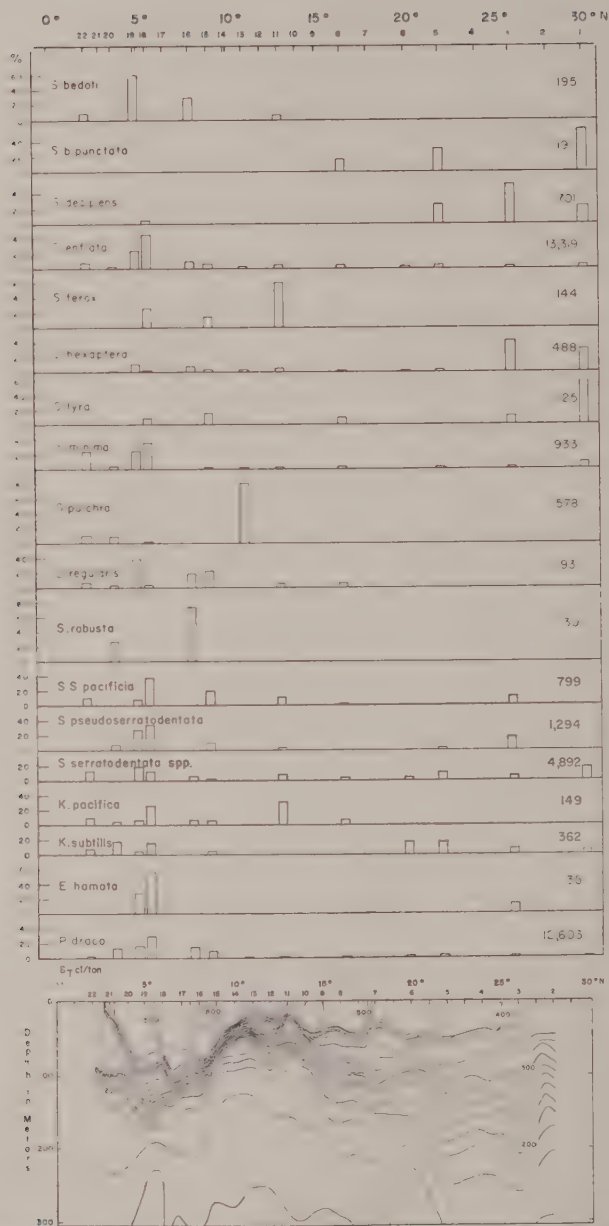


FIGURE 2. Histograms showing distributions of species at stations 1-22. $\delta\sigma_t$ section is included to illustrate means by which the species distribution and hydrographic features were compared.

FIGURA 2. Histogramas presentando la distribución de las especies en las estaciones 1-22. El perfil $\delta\sigma_t$ está incluido para mostrar como se ha hecho la comparación entre a la distribución de las especies y las características hidrográficas.

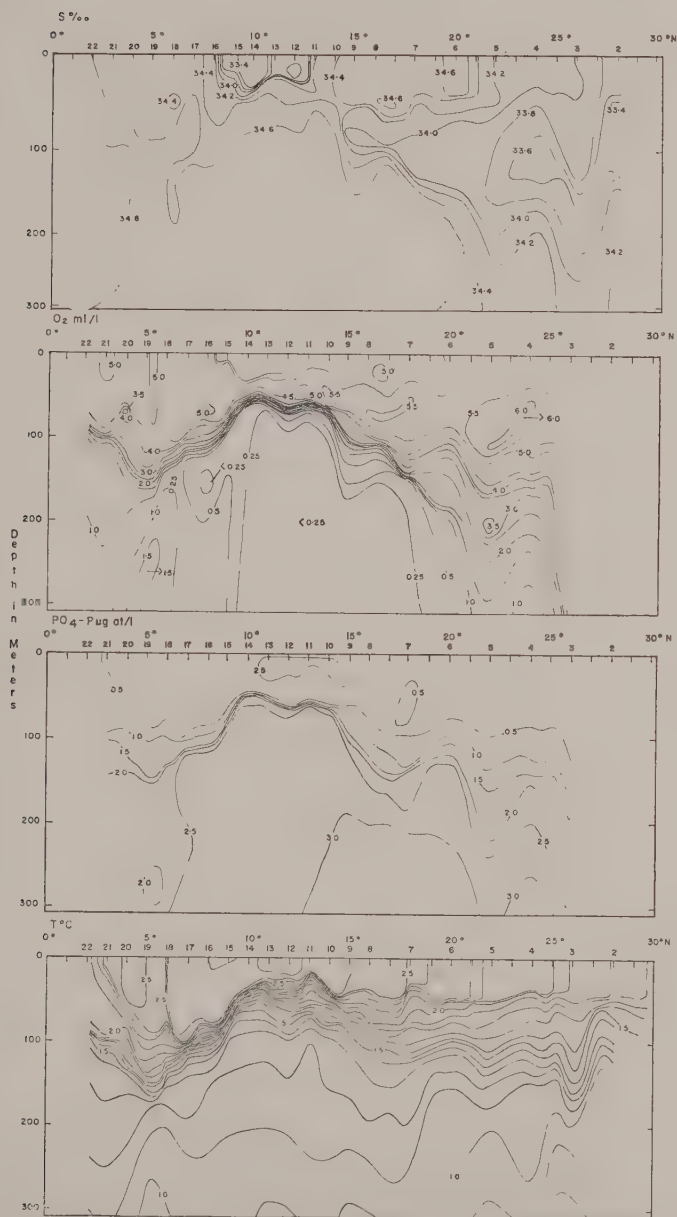


FIGURE 3. Vertical distributions of salinity, oxygen, inorganic phosphorous, and temperature at stations 1-22.

FIGURA 3. Distribución vertical de salinidad, oxígeno, fósforo inorgánico y temperatura en las estaciones 1-22.

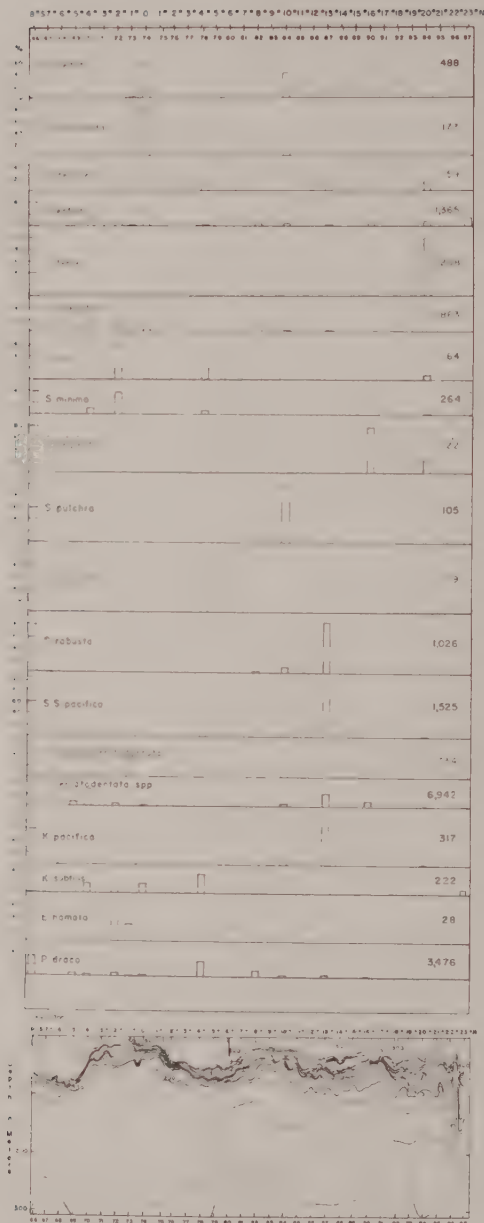


FIGURE 4. Histograms showing distributions of species at stations 66-97. δT section is included to illustrate means by which the species distributions and hydrographic features were compared.

FIGURA 4. Histogramas mostrando la distribución de las especies en las estaciones 66-97. Se incluyó el perfil δT para ilustrar las razones en base a las cuales se realizó la comparación entre la distribución de las especies y las características hidrográficas.

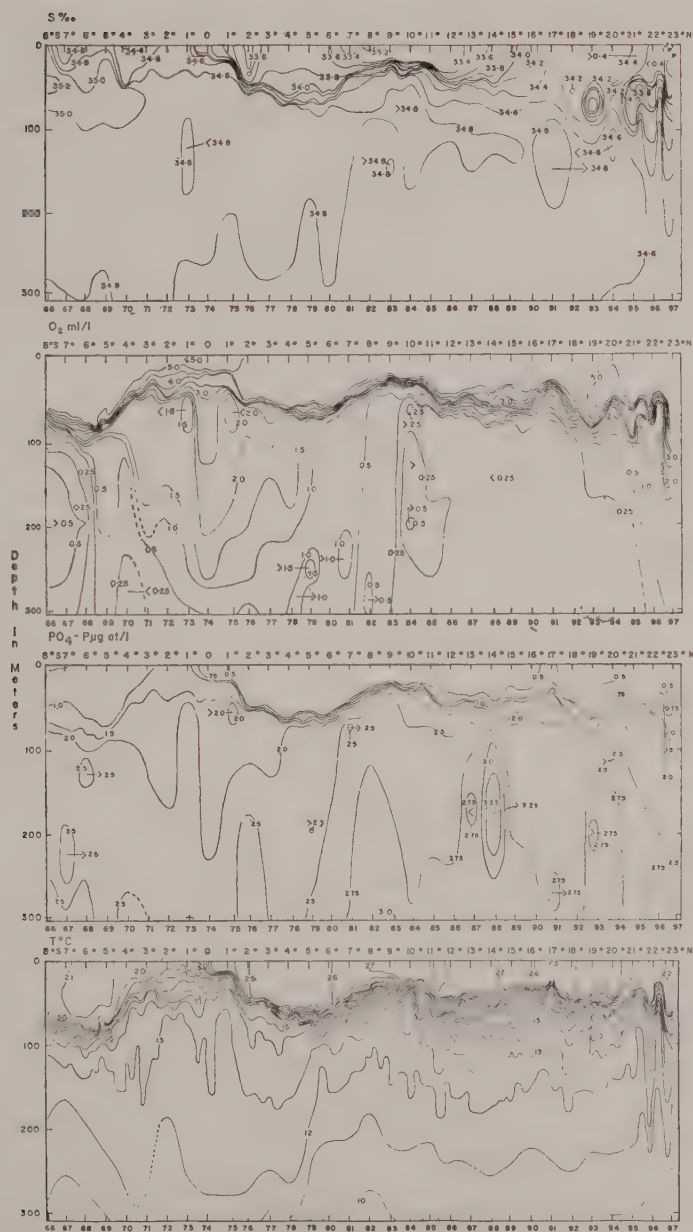


FIGURE 5. Vertical distributions of salinity, oxygen, phosphate-phosphorous, and temperature at stations 66-97.

FIGURA 5. Distribución vertical de salinidad, oxígeno, fósforo-fosfato y temperatura en las estaciones 66-97.

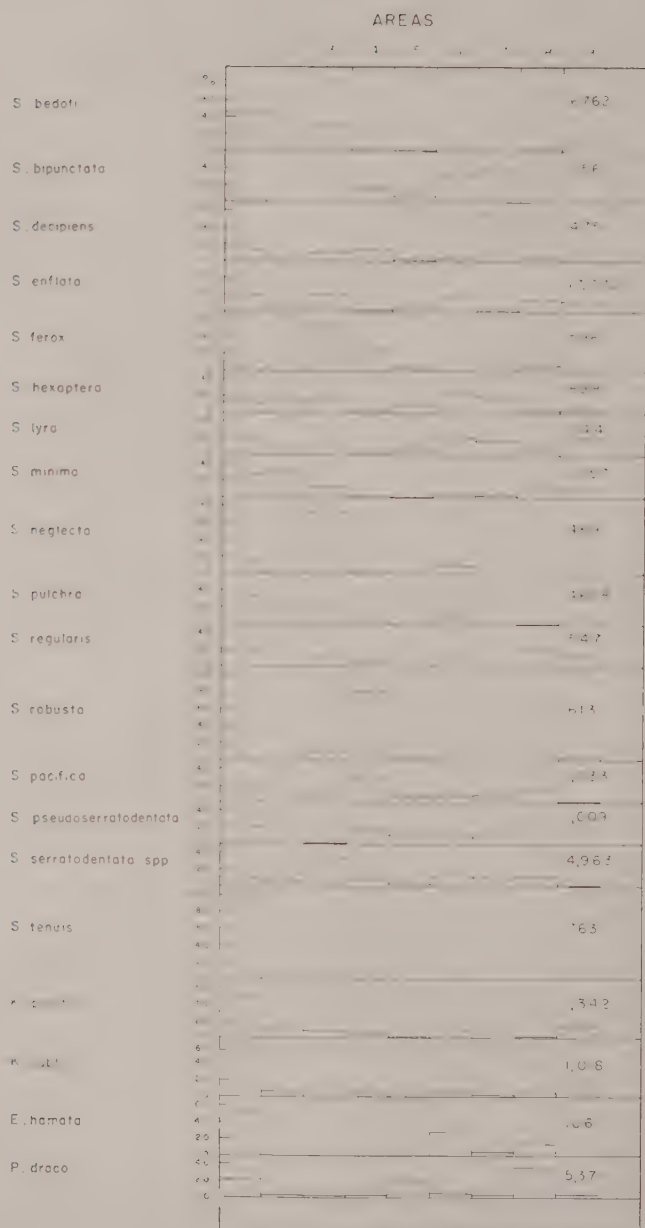


FIGURE 6. Histograms of each species' occurrence in areas outlined in Figure 7.

FIGURA 6. Histogramas de la presencia de cada especie en las áreas indicadas en la Figura 7.

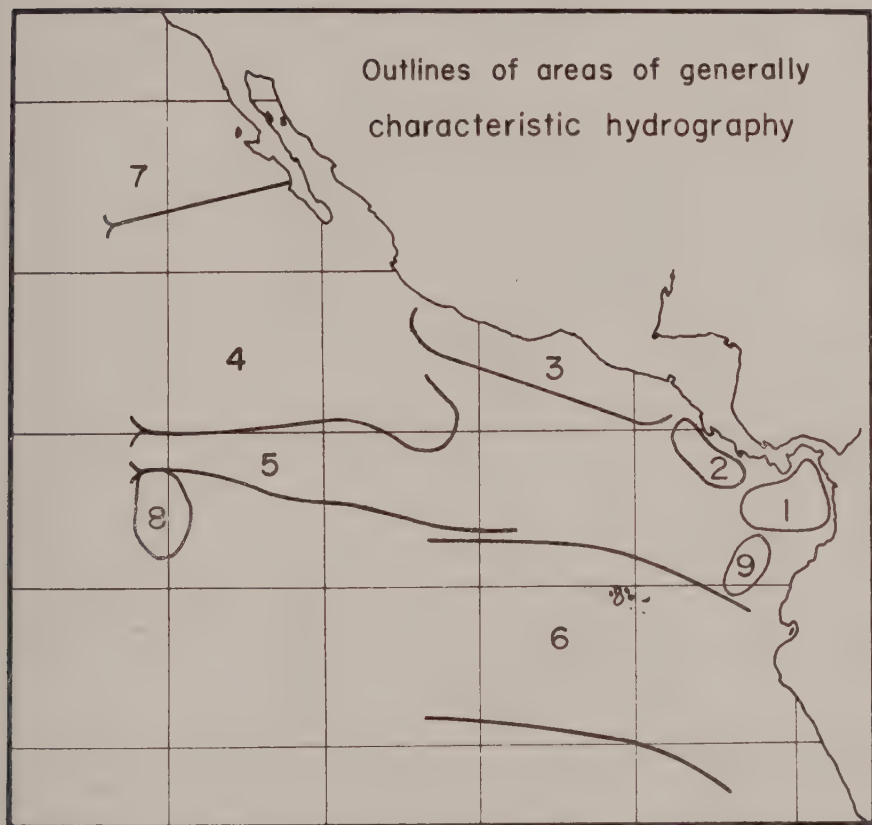


FIGURE 7. Outlines of arbitrary areas of generally characteristic hydrographic features. Area 1: Panama Bight; Area 2: region of thermal "ridging" off Central American coast; Area 3: coastal North Equatorial Current; Area 4: offshore North Equatorial Current; Area 5: offshore Equatorial Countercurrent; Area 6: Peru Current and South Equatorial Current; Area 7: California Current; Area 8: variable waters, offshore northern boundary of South Equatorial Current; Area 9: variable waters off coast of Ecuador.

FIGURA 7. Croquis de las áreas arbitrarias con características hidrográficas generales. Área 1: Seno de Panamá; Área 2: Región de la "ondulación" térmica en las afueras de la costa de América Central; Área 3: Corriente costera Norecuatorial; Área 4: Corriente Norecuatorial de Mar Afuera; Área 5: Contracorriente Ecuatorial de Mar Afuera; Área 6: Corriente Peruana y Corriente Surecuatorial; Área 7: Corriente de California; Área 8: Aguas Variables, borde septentrional de la Corriente Surecuatorial de Mar Afuera; Área 9: Aguas Variables al oeste de la costa del Ecuador.

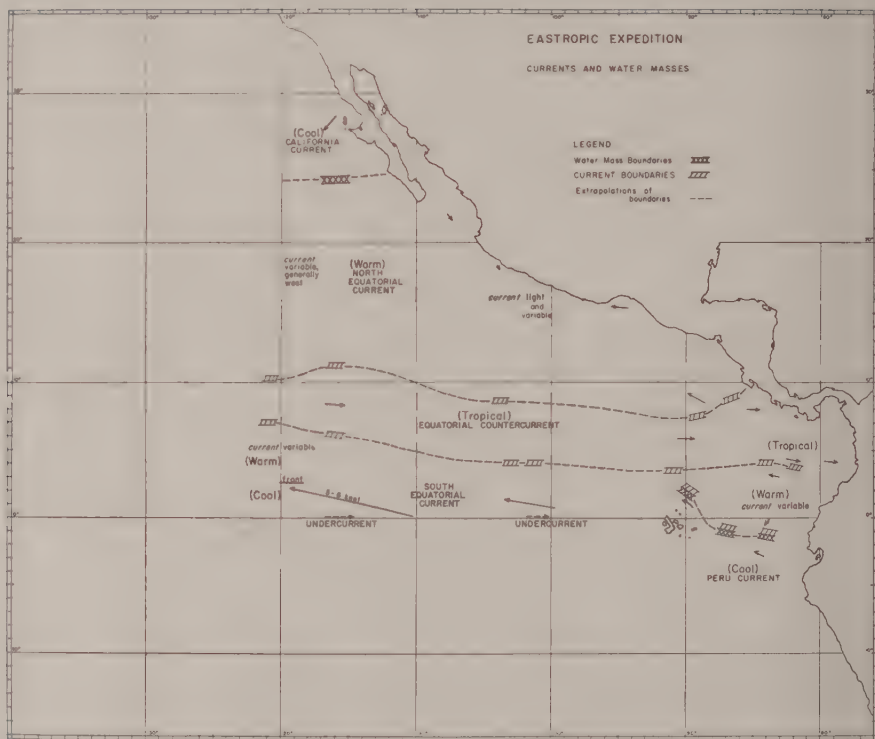
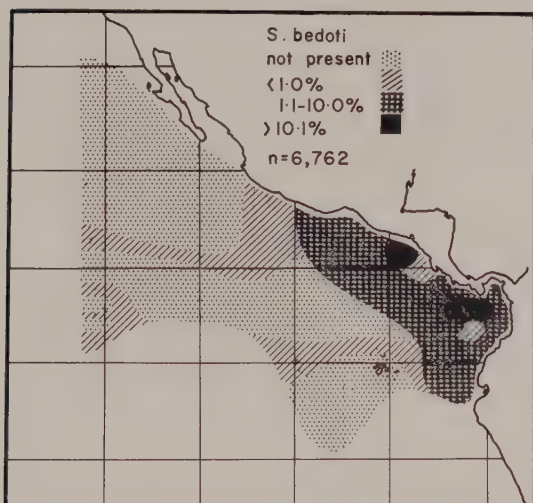
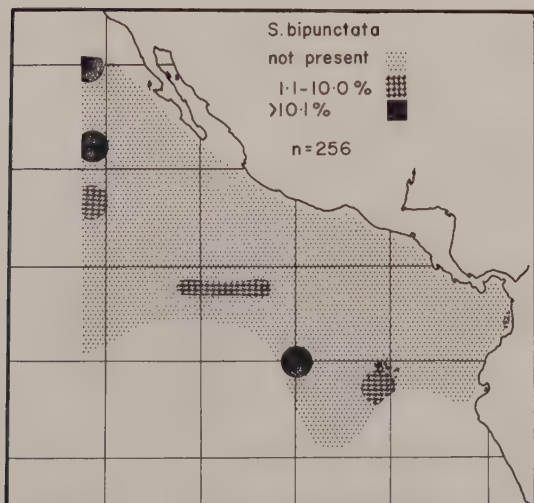


FIGURE 8. Currents and water masses in the Eastern Tropical Pacific encountered on the "Eastropic" cruise. After Holmes, Schaefer and Shimada (1957).

FIGURA 8. Corrientes y masas de agua en el Pacífico Oriental Tropical, encontradas en el curso del crucero "Eastropic", según Holmes, Schaefer y Shimada (1957).

FIGURE 9. Horizontal Distribution of *Sagitta bedoti*.FIGURA 9. Distribución horizontal de *Sagitta bedoti*.FIGURE 10. Horizontal distribution of *Sagitta bipunctata*.FIGURA 10. Distribución horizontal de *Sagitta bipunctata*.

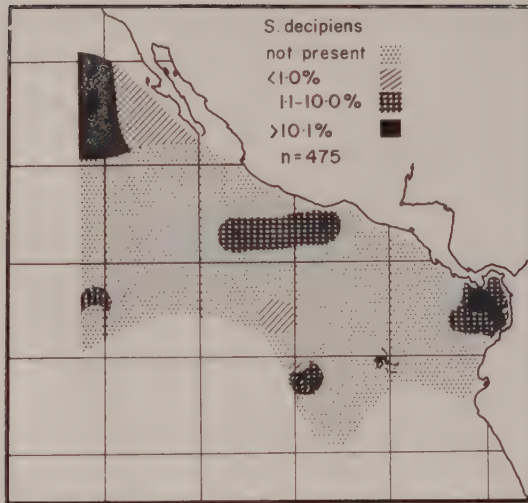


FIGURE 11. Horizontal distribution of *Sagitta decipiens*.

FIGURA 11. Distribución horizontal de *Sagitta decipiens*.

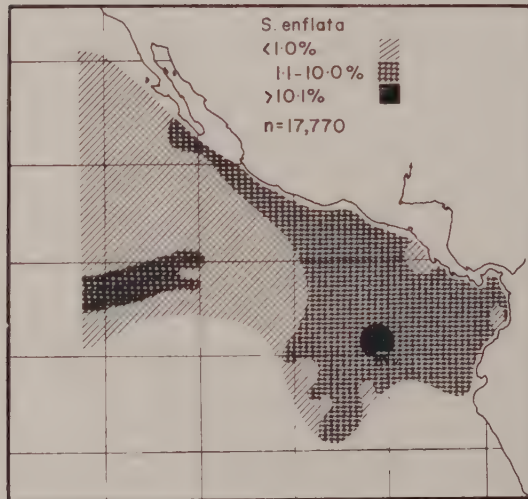
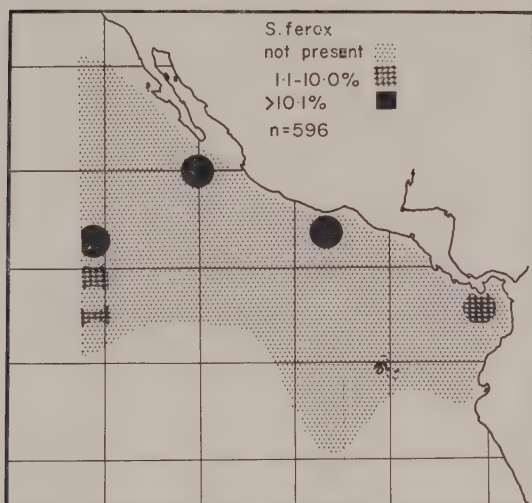
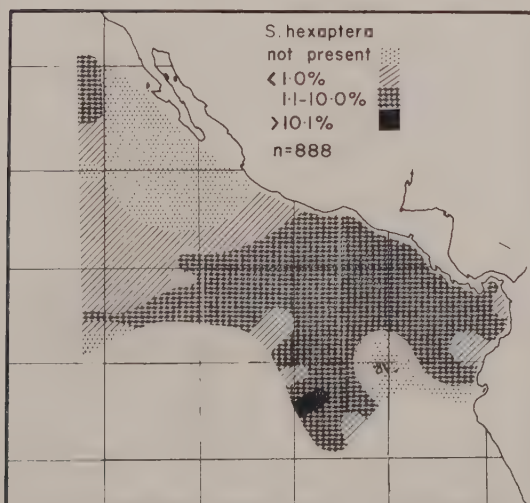
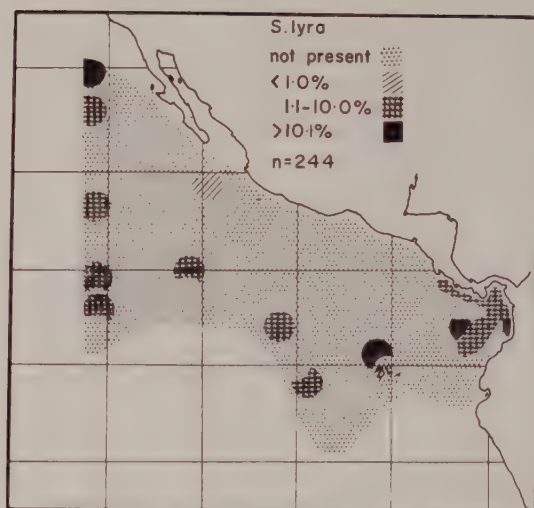
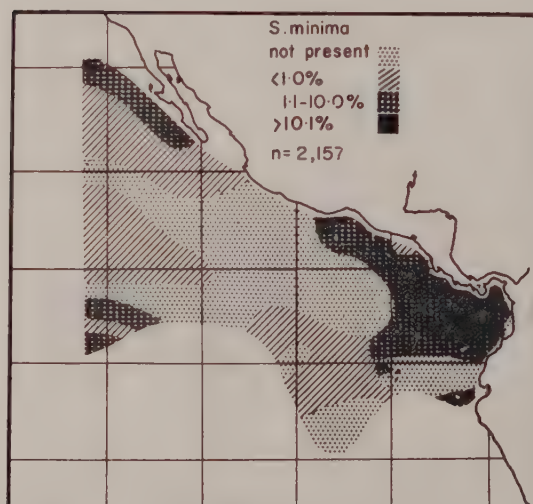
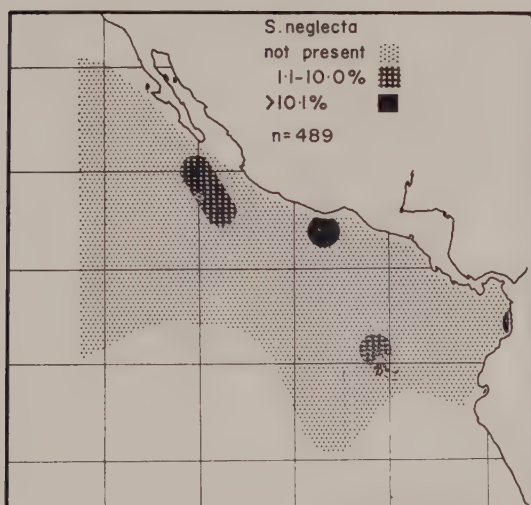
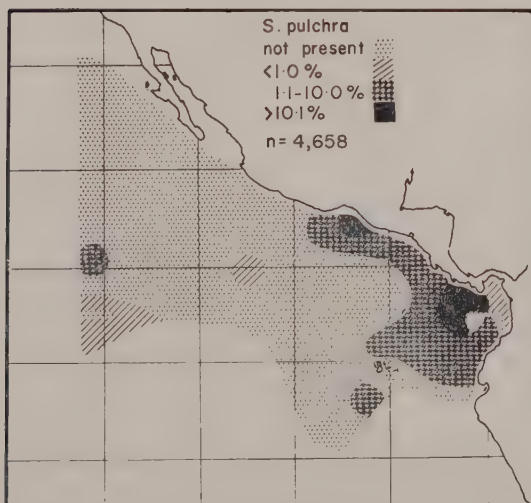


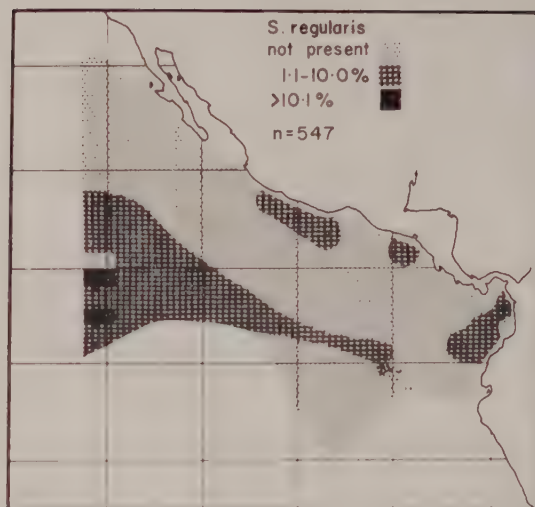
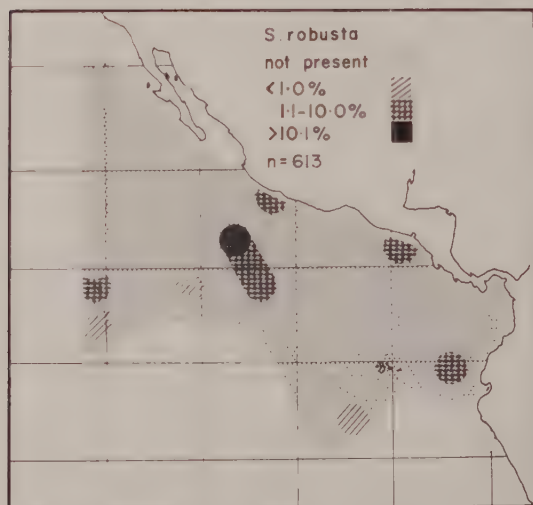
FIGURE 12. Horizontal distribution of *Sagitta enflata*.

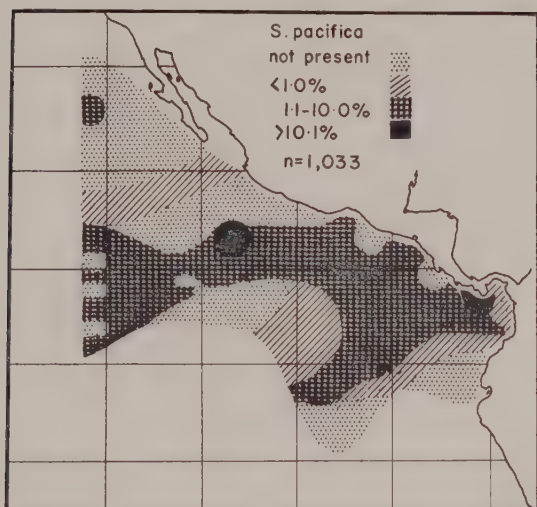
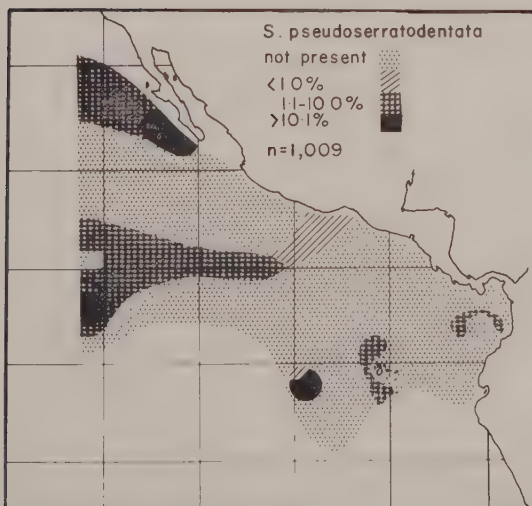
FIGURA 12. Distribución horizontal de *Sagitta enflata*.

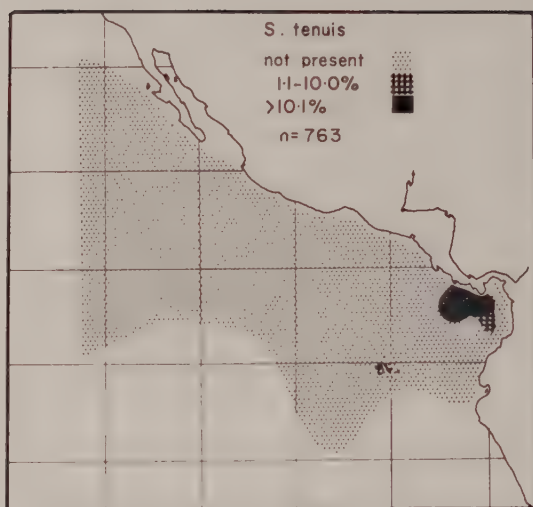
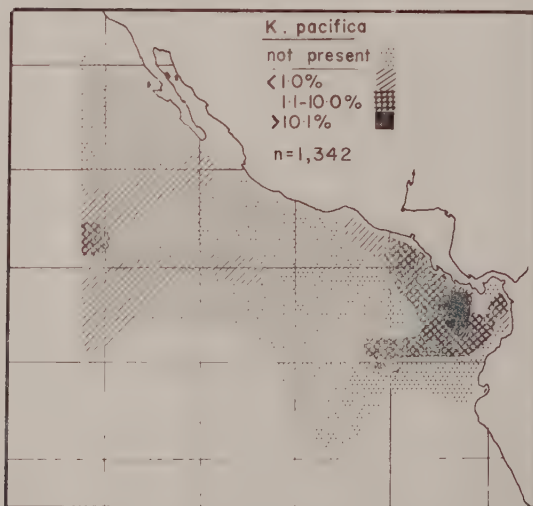
FIGURE 13. Horizontal distribution of *Sagitta ferox*.FIGURA 13. Distribución horizontal de *Sagitta ferox*.FIGURE 14. Horizontal distribution of *Sagitta hexaptera*.FIGURA 14. Distribución horizontal de *Sagitta hexaptera*.

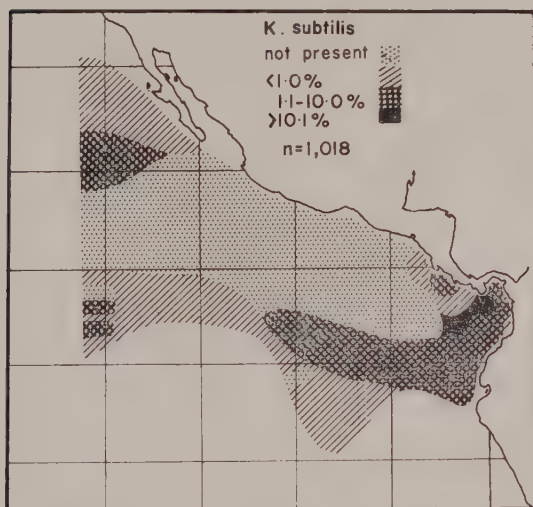
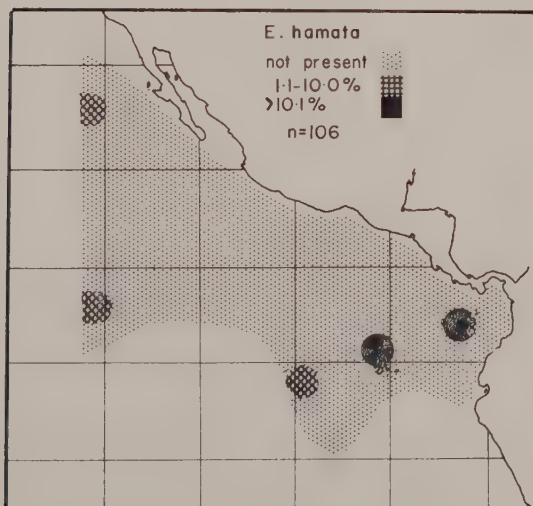
FIGURE 15. Horizontal distribution of *Sagitta lyra*.FIGURA 15. Distribución horizontal de *Sagitta lyra*.FIGURE 16. Horizontal distribution of *Sagitta minima*.FIGURA 16. Distribución horizontal de *Sagitta minima*.

FIGURE 17. Horizontal distribution of *Sagitta neglecta*.FIGURA 17. Distribución horizontal de *Sagitta neglecta*.FIGURE 18. Horizontal distribution of *Sagitta pulchra*.FIGURA 18. Distribución horizontal de *Sagitta pulchra*.

FIGURE 19. Horizontal distribution of *Sagitta regularis*.FIGURA 19. Distribución horizontal de *Sagitta regularis*.FIGURE 20. Horizontal distribution of *Sagitta robusta*.FIGURA 20. Distribución horizontal de *Sagitta robusta*.

FIGURE 21. Horizontal distribution of *Sagitta pacifica*.FIGURA 21. Distribución horizontal de *Sagitta pacifica*.FIGURE 22. Horizontal distribution of *Sagitta pseudoserratodentata*.FIGURA 22. Distribución horizontal de *Sagitta pseudoserratodentata*.

FIGURE 23. Horizontal distribution of *Sagitta tenuis*.FIGURA 23. Distribución horizontal de *Sagitta tenuis*.FIGURE 24. Horizontal distribution of *Krohnitta pacifica*.FIGURA 24. Distribución horizontal de *Krohnitta pacifica*.

FIGURE 25. Horizontal distribution of *Krohnitta subtilis*.FIGURA 25. Distribución horizontal de *Krohnitta subtilis*.FIGURE 26. Horizontal distribution of *Eukrohnitta hamata*.FIGURA 26. Distribución horizontal de *Eukrohnitta hamata*.

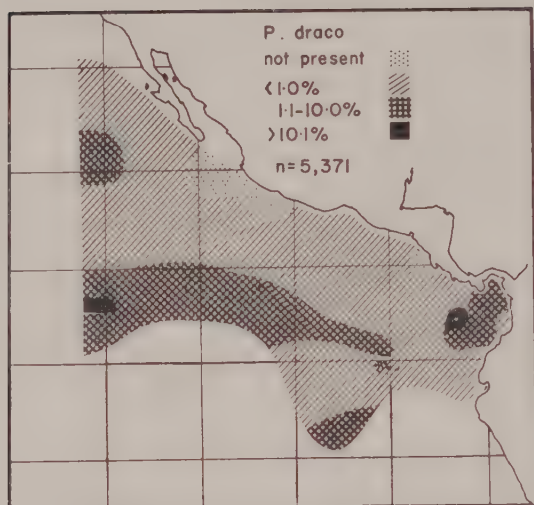
FIGURE 27. Horizontal distribution of *Pterosagitta draco*.FIGURA 27. Distribución horizontal de *Pterosagitta draco*.

TABLE 1. Ranges of properties in the upper 300 meters at all stations inspected where each species of Chaetognatha occurred.

TABLA 1. Alcances de las propiedades en la capa superior de 300 metros en todas las estaciones estudiadas, en que se encontraron especies de chaetognatos.

	S‰	O ₂ ml/l	PO ₄ -P μg at /l	T°C
Total range	27.9 - 35.2	.15 - 6.0	.25 - 3.53	8 - 28
<i>S. bedoti</i>	27.9 - 34.8	.16 - 5.5	.26 - 3.25	9 - 27
<i>S. bipunctata</i>	29.2 - 34.8	.25 - 6.0	.36 - 3.00	8 - 27
<i>S. decipiens</i>	27.9 - 34.8	.20 - 6.0	.32 - 3.53	8 - 27
<i>S. enflata</i>	27.9 - 35.2	.26 - 6.0	.25 - 3.53	8 - 29
<i>S. ferox</i>	32.3 - 34.6	.20 - 5.5	.25 - 3.53	9 - 28
<i>S. hexaptera</i>	27.9 - 34.6	.15 - 5.5	.25 - 3.53	8 - 27
<i>S. lyra</i>	27.9 - 34.8	.16 - 5.5	.32 - 3.53	8 - 27
<i>S. minima</i>	27.9 - 34.8	.15 - 6.0	.25 - 3.53	8 - 27
<i>S. neglecta</i>	29.5 - 34.8	.25 - 5.0	.36 - 2.86	10 - 26
<i>S. pulchra</i>	27.9 - 34.8	.19 - 5.5	.25 - 3.53	9 - 28
<i>S. regularis</i>	27.9 - 34.7	.15 - 5.5	.25 - 3.13	10 - 27
<i>S. robusta</i>	33.3 - 34.9	.25 - 5.4	.50 - 3.00	9 - 27
<i>S. s. pacifica</i>	27.9 - 34.8	.15 - 5.5	.25 - 3.53	8 - 27
<i>S. pseudoserratodentata</i>	32.2 - 34.8	.24 - 5.5	.25 - 3.20	8 - 27
<i>S. tenuis</i>	32.2 - 34.7	.24 - 5.2	.49 - 3.20	10 - 26
<i>K. pacifica</i>	29.2 - 34.8	.15 - 5.5	.25 - 3.50	9 - 28
<i>K. subtilis</i>	27.9 - 35.2	.16 - 5.4	.26 - 3.53	8 - 26
<i>E. hamata</i>	32.1 - 34.8	.21 - 5.2	.32 - 3.09	10 - 26
<i>P. draco</i>	27.9 - 35.2	.15 - 6.0	.25 - 3.53	8 - 28

LOS QUETOGNATOS DE LA EXPEDICION EASTROPIC, CON APUNTES SOBRE SU POSIBLE VALOR COMO INDICADORES DE LAS CONDICIONES HIDROGRAFICAS

por

Paul N. Sund y James A. Renner

INTRODUCCION

Basados en estudios sobre la cantidad y composición del plancton en distintas áreas del mar, varios investigadores señalaron variaciones en las afinidades zoogeográficas de ciertas especies que pueden ser puestas en relación con características hidrográficas. Figuran entre ellos Meek (1928), Huntsman (1919), Bigelow (1926), Russell (1935a, 1935b y 1939), Alvaríño (1957), Thomson (1947) y Bieri (1957a y b). En el Pacífico Oriental Tropical no se conoce bien la distribución de las especies de organismos planctónicos. Dentro del número limitado de trabajos que tratan de los quetognatos de esta región, están los de Michael (1908 y 1911), Baldasseroni (1915) y Bieri (1957b).

El objetivo de este estudio ha sido el de investigar la posibilidad de utilizar ciertas especies de quetognatos encontrados en el Pacífico Oriental Tropical como indicadoras biológicas de características oceanográficas. Organismos "indicadores" fueron encontrados útiles para la identificación de tipos de agua, el trazado del régimen de los sistemas de corrientes y la determinación del origen de masas de agua en movimiento. Para servir a este tipo de estudios, los organismos deben ser lo suficientemente abundantes como para ser fácilmente muestreados e identificados hasta la especie; también deben satisfacer, por lo menos parcialmente, los requerimientos indicados y discutidos por Sverdrup, Johnson y Fleming (1942, pags. 866-867).

Entre los distintos grupos de organismos que responden a estos requerimientos están los quetognatos. Ejemplares de este grupo de animales se encontraron en gran número en las muestras de plancton utilizadas en este estudio. Para su identificación se recurrió a los trabajos de Thomson (1947), Fraser (1942), Ritter-Zahony (1911) y Sund (1959).

Se espera que, al utilizar como base para otros estudios los resultados de este informe, la información referente a las especies indicadoras, conjuntamente con los datos oceanográficos, sea útil para distinguir los distintos ambientes oceanográficos. Esto podría servir a la comprensión de la variación que presenta la abundancia de los atunes en el tiempo y en el espacio.

Los autores desean expresar su gratitud al Dr. W. Brandhorst y al Sr. G. Volkman por la preparación de los perfiles hidrográficos y por el permiso de utilizarlos.

MÉTODOS Y MATERIALES

Los quetognatos fueron separados de las muestras seleccionadas de zooplankton, coleccionadas por los barcos de la Institución Scripps de Oceanografía de la Universidad de California que participaron en la Expedición Eastropic del 1o. de octubre al 17 de diciembre de 1955. La Figura 1 presenta la posición de todas las estaciones ocupadas por el *RV Horizon* y algunas pocas de las ocupadas por el *RV Spencer F. Baird*. Los símbolos rellenos indican las estaciones cuyas muestras de zooplankton fueron analizadas en el curso de esta investigación. Los arrastres del zooplankton fueron efectuados oblicuamente desde una profundidad de aproximadamente 300 metros hasta la superficie, utilizándose para ello la red standard de un metro. Los métodos de muestreo y otros datos referentes a esto fueron descritos detalladamente por Holmes, Schaefer y Shimada (1957).

Los ejemplares fueron identificados hasta la especie y se calculó el número de cada una para obtener un valor standard del número de individuos presentes en 1000 metros cúbicos de agua en cada estación.

Para las estaciones situadas a lo largo de los perfiles 1-22 y 66-97, el número de los individuos de una determinada especie (por 1000 m³ de agua filtrada) de cada estación de un perfil, se expresó como porcentaje del número total de individuos de aquella especie encontrados en todas las estaciones del perfil. Estos porcentajes fueron computados utilizándose la fórmula:

$$Y_i = \frac{100n_i}{\sum_{i=1}^r n_i}$$

en la cual: Y_i es el porcentaje de las especies en la estación i del perfil

n_i es el número de las especies por 1000 m³ encontradas en estación i del perfil

e, $i = 1, 2, \dots, r$, estaciones en el perfil

Estos porcentajes están representados gráficamente en forma de histogramas que muestran la distribución y abundancia relativa de las especies en las estaciones a lo largo de los dos perfiles (Figuras 2 y 4). Estas distribuciones de especies son consideradas en relación con las distribuciones de ciertas variables hidrográficas. Al tener en cuenta que las muestras son el resultado de la filtración de la columna de agua entre

la superficie y la profundidad de 300 metros, también las características hidrográficas fueron consideradas sólo hasta aquella profundidad.

Las frecuencias de los porcentajes en que se presentan las distintas especies fueron graficadas para mostrar sus distribuciones comparadas entre áreas de características oceanográficas generales (Figura 6). Estas áreas están indicadas en la Figura 7 sobre la base de la oceanografía general de la región en estudio. Sin embargo, las posiciones de los límites son algo arbitrarios, no pudiéndose considerarlas de manera alguna como permanentes. Los cálculos se hicieron con la siguiente fórmula:

$$Y_j = \frac{100 \sum_{i=1}^r n_{ji}}{\sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^r n_{ji}}$$

en la cual: Y_j es el porcentaje del total de una especie presente, en las estaciones controladas en el área j

n_{ji} es el número de las especies por 1000 m³ en la estación i en el área j

r es el número de las estaciones controladas dentro del área j

y, k es el número de las áreas (=9).

También se presentan las gráficas de la distribución horizontal de cada especie. Ellas indican las áreas de relativa abundancia, mediante la marcación de los porcentajes de cada especie presente en todas las estaciones controladas (Figuras 9-27). Para el cómputo de estos porcentajes se utilizó la fórmula:

$$Y_{ji} = \frac{100 n_{ji}}{\sum_j n_{ji}}$$

en la cual: Y_{ji} es el porcentaje de una especie presente en la estación i

n_{ji} es el número de las especies encontradas por 1000 m³ en la estación i del área j .

De ciertas especies se obtuvieron números tan pequeños, que la suerte de no ser capturadas por la red fué lo suficientemente grande como para causar que su distribución aparezca en forma de manchas. Es por ello que la aparente distribución de manchas de especies tales como *S. bipunctata*, *S. decipiens*, *E. hamata* y otras, se deba, probablemente, a errores de muestreo y su verdadera distribución no es necesariamente la representada en las figuras. El número total de individuos es indicado por "n" en las Figuras 9 a 27.

DESCRIPCION OCEANOGRAFICA DE LA REGION ESTUDIADA

La región investigada por la Expedición Eastropic abarca porciones de dos masas de agua definidas por Sverdrup, Johnson y Fleming (1942): la Masa de Agua Ecuatorial-Pacífica y la Región de Transición, esta última ocupada por aguas de características intermedias entre las de la Masa de Agua Subártica y la Masa de Agua Ecuatorial Pacífica. La Corriente de California se desplaza por encima de esta Agua de Transición. Las corrientes de superficie presentes en la región incluyen a la de California, la Norecuatorial, la Surecuatorial, la Peruana y la Contracorriente Ecuatorial.

Las posiciones aproximadas de los límites de las corrientes, como también la distribución de las sustancias disueltas, en el periodo en que se realizó la expedición, pueden ser vistas a través de la distribución de la temperatura (Figuras 3 y 5) y de la anomalía del volumen específico (Figuras 2 y 4). La Figura 8 presenta, en vista plana, la ubicación de los límites de las corrientes y los cambios en las características de las aguas superficiales. Como está indicado en las figuras, uno de estos cambios ocurrió aproximadamente en los 23° N., en donde las aguas frías de la Corriente de California se encontraban con las aguas más cálidas y más tropicales de la Corriente Norecuatorial.

Otra zona importante de transición estuvo presente al este y al norte de las Islas Galápagos, donde la Corriente Peruana, más fría, se encuentra con las aguas ecuatoriales del Seno de Panamá.

Los límites de las corrientes estuvieron presentes en aproximadamente los 23° N., donde se unen la Corriente de California y la Corriente Norecuatorial; en los 7°-10° N., donde estuvo el límite norte de la Contracorriente Ecuatorial y en los 3°-7° N., donde estuvo el borde meridional de la Contracorriente Ecuatorial. Al sur de los 3° N. estuvieron ubicadas las Corrientes Surecuatorial y Peruana.

Dentro de la región investigada por la expedición, se eligieron 9 áreas de características hidrográficas generales para el estudio (Figura 7). Una breve descripción de las mismas se da a continuación.

Area 1: Seno de Panamá

Se caracteriza por aguas cálidas, de baja salinidad, que probablemente se originan en la Contracorriente Ecuatorial. En el Golfo de Panamá estas aguas son modificadas en sus características por el fenómeno estacional de las abundantes lluvias y el del afloramiento (Schaefer, 1956). El afloramiento aporta a la superficie aguas más frías, de mayor salinidad, con alto contenido de fosfatos, aumentando de este modo la productividad del área.

Area 2: Región de la ondulación térmica en las afueras de la costa de América Central

Esta área altamente productiva se caracteriza físicamente por la presencia de un domo térmico, área ésta en que, frecuentemente, la termoclina tiene una profundidad inferior a 10 metros, alcanzando a veces la superficie. Asociadas con este fenómeno están las aguas procedentes de una mayor profundidad con alto contenido de fosfato que aparentemente está siempre disponible, debido a los efectos combinados de la mezcla vertical y desplazamiento hacia arriba (Cromwell, 1958).

La comparación de la topografía de la termoclina y de los volúmenes de zooplancton en ésta y otras áreas del Pacífico Oriental Tropical, pone de manifiesto correlaciones sorprendentes (Brandhorst, 1958). Donde la termoclina es poco profunda, los volúmenes de zooplancton son invariablemente altos y donde la termoclina se presenta muy profunda, los volúmenes son bajos. Los volúmenes pueden variar de manera considerable donde la termoclina está a profundidades intermedias. Por lo tanto, donde la termoclina se encuentra a profundidades extremas, ejerce mayor influencia sobre la producción; lo que no ocurre cuando está a profundidades intermedias. Esta influencia se refleja, aparentemente, en la abundancia de ciertas especies de quetognatos, como *S. bedoti*, *S. pulchra*, *S. minima*, *K. pacifica* y posiblemente otras.

Area 3: Corriente Costera Norecuatorial

Las aguas de esta área son, en lo fundamental, similares en sus características a las de la Corriente Norecuatorial de Mar Afuera (Area 4). Las diferencias se deben, en primer término, a la proximidad de la costa, donde experimentan la influencia de los procesos de enriquecimiento asociados con el afloramiento costero. Hay también cierta evidencia de la existencia de una corriente que se desplaza hacia el norte a lo largo de la costa durante parte del año. La mayor fertilidad de las aguas de esta región se refleja en los volúmenes más altos de zooplancton y en el aumento de la abundancia de algunas especies de quetognatos.

Area 4: Corriente Norecuatorial de Mar Afuera

Esta corriente se desplaza de este a oeste. Está formada, en parte, por las aguas de la Contracorriente Ecuatorial que giran hacia el norte frente a América Central. A estas aguas se agregan posteriormente las de la Corriente de California. Una particularidad sorprendente, puesta de manifiesto en los perfiles, Figuras 3 y 5, es la de que gran parte de la columna está formada por aguas de bajo contenido de oxígeno y alto contenido de fosfato. Esto ha sido indicado también por Wooster y Cromwell (1958). En estos dos perfiles, dichas aguas se aproximan a la superficie hasta unos 50 metros. Los valores de salinidad en superficie son algo más altos que los encontrados hacia el sur en la Contracorriente Ecuatorial y hacia el norte en la Corriente de California.

Area 5: Contracorriente Ecuatorial de Mar Afuera

Esta corriente se encuentra, normalmente, entre las latitudes de 3° y 10° N. (Sverdrup, 1943, pag. 194). Sin embargo, mientras se realizaba la Expedición Eastropic, aparentemente estuvo desplazada ligeramente hacia el norte.

Area 6: La Corriente Peruana y la Corriente Surecuatorial

La Corriente Peruana se origina en la región subantártica como parte del Agua Subantártica que experimenta una deflexión hacia el norte al acercarse al Continente Sudamericano. La corriente se desplaza hacia el norte a lo largo de la costa sudamericana, girando luego hacia el oeste en sus límites norteños, algo al sur del ecuador.

El afloramiento que se desarrolla a lo largo de las costas de Chile y Perú es una de las características sobresalientes de la corriente y trae a la superficie, desde profundidades moderadas, aguas frías con abundantes elementos nutritivos, que luego se alejan de la costa con las aguas más cálidas de superficie.

Al alejarse de la costa de Sudamérica, las aguas de la Corriente Peruana se unen con las de la Corriente Surecuatorial que cruzan el Pacífico hacia el oeste. Los perfiles no muestran la distribución de las propiedades de la Corriente Peruana; en cambio están presentadas las de la Corriente Surecuatorial.

No podía esperarse sino que las divergencias cerca del ecuador fueran regiones de alta productividad, dado que el movimiento de ascenso trae a la zona eufótica abundantes elementos nutritivos, donde son aprovechados inmediatamente. Esta expectativa ha sido confirmada por Holmes, Schaefer y Shimada (1957).

Area 7: La Corriente de California

En ciertas épocas del año (de marzo a julio) vientos del nor-noroeste prevalecen frente a la costa de California, dando origen al afloramiento. Durante esta temporada de afloramiento, una contracorriente corre cerca de la costa, por debajo de los 200 metros, conteniendo Agua Ecuatorial (Sverdrup y Fleming, 1941). Aparentemente, esta es análoga a la corriente subsuperficial frente a la costa del Perú (Sverdrup, 1943, pag. 201). Estos fenómenos han sido observados por la Expedición Eastropic.

Areas 8 y 9: Aguas Variables de la Corriente Surecuatorial de Mar Afuera y Aguas Variables frente a la costa del Ecuador

Las nombradas en primer término se encuentran cerca del borde norteño de la Corriente Surecuatorial, donde esta corriente converge con la Contracorriente Ecuatorial; sus características individuales se pierden debido a la mezcla resultante de los dos cuerpos de agua.

Este mismo tipo de fenómeno es también responsable, probablemente, del carácter variable del agua en el Area 9. En ésta, la causa puede

ser el paso de la Corriente Peruana, más fría, por la cercanía de las aguas más cálidas con características más tropicales que son comunes en la región del Seno de Panamá.

DISTRIBUCION DE LAS ESPECIES EN RELACION CON LAS VARIABLES HIDROGRAFICAS

La abundancia relativa de cada especie presente en las estaciones 1-22 y 66-97 está indicada en las Figuras 2 y 4 en forma de histogramas. Estos histogramas y la distribución horizontal de las especies (Figuras 9-27) están considerados en relación con las cuatro variables hidrográficas: temperatura, salinidad, oxígeno y fósforo-fosfato, que pueden servir como factores limitativos de la distribución de los organismos. Perfiles de anomalía termostática (δ_T) se presentan en las Figuras 2 y 4 para ilustrar la forma en que se hicieron las comparaciones. Se incluyeron los perfiles δ_T porque de ellos puede deducirse la dirección de las corrientes geostróficas en la región estudiada.

Al comparar la distribución de cada especie con la distribución de las variables, surgen ciertas relaciones que se discuten más adelante. Pero estas correlaciones pueden tener sólo carácter hipotético dada la falta de conocimientos sobre la distribución vertical de las especies. Esto se presenta en la Tabla 1, en la que se indican los alcances de las variables hidrográficas en la capa superficial hasta 300 metros en todas las estaciones en que fué encontrada cada especie. Un examen de la tabla revela que estos alcances están cerca del alcance total de las variables. Se estudia ahora la distribución vertical de las especies, esperándose que la información que se obtenga de este trabajo contribuya a una mejor comprensión de la distribución de las especies en relación con las variables ambientales.

Sagitta bedoti fué tratada por Bieri (1957b) al referirse a la incursión hacia el sur de aguas ecuatoriales cálidas en las aguas mar afuera frente a las costas del Ecuador y Perú. Los cambios en la característica del agua de esta área son los más sorprendentes de toda la región abarcada en este estudio. La hipótesis de Bieri según la cual *S. bedoti* indica el movimiento de las aguas ecuatoriales hacia el sur, hasta cierto punto está apoyada por los datos presentados en la Figura 9, la cual representa la distribución horizontal de esta especie, y por la carta de las corrientes y límites de las masas de agua en el tiempo en que se realizó la expedición (Figura 8).

La presencia de *S. bedoti* en la Estación F-55, situada muy cerca del borde norte de la Corriente Peruana, constituye una excepción dentro de su asociación con las aguas ecuatoriales más cálidas. Esta presencia de la especie en aquel sitio encuentra difícilmente una explicación, dado que los registros de los termógrafos en dicha región muestran aguas frías en la superficie en toda el área mar afuera cerca de la estación y

entre ésta y la costa. La distribución de *S. bedoti* en esta región merece ser sometida a una detenida y repetida observación, ya que, evidentemente, la especie está asociada más frecuentemente con aguas ecuatoriales y raras veces se encuentra presente en las aguas más frías hacia el sur.

Las Figuras 6 y 10 indican que *S. bipunctata* está presente más frecuentemente en las aguas más frías de los extremos norte y sur de la región explorada. El oxígeno disuelto y los fosfatos pueden tener cierto efecto sobre la distribución de esta especie; en el perfil 22 puede verse un aumento en el porcentaje de su ocurrencia, correlacionado con un mayor contenido de oxígeno y una merma de los valores de fosfato.

Las mayores cantidades de *S. decipiens* se encuentran, ante todo, en el Area 7 (Figura 11). Pero su presencia en aguas de características muy diferentes no permite hacer especulaciones acerca de su valor como especie indicadora.

S. enflata se encontró en todos los perfiles controlados (Figura 12). Por ello, no es posible hacer consideraciones sobre la relación de esta especie con las variables hidrográficas, a no ser que se limiten esas consideraciones a la presentación de su abundancia relativa en las distintas áreas.

La mayoría de los estudiosos opina que *S. enflata* ocurre en la capa superior de varios centenares de metros en casi todas las áreas de los océanos, desde aproximadamente los 40° N. hasta los 40° S. Al no disponer de datos sobre la distribución vertical de la especie, no hay bases para apoyar cualesquiera correlaciones dentro de esta extensa región.

S. ferox está confinada, aparentemente, a las aguas tropicales (Figura 13). Pero, al ser poco frecuente, resulta imposible hacer especulaciones acerca de su valor como especie indicadora.

S. heraptera está presente en casi toda el área abarcada por este estudio (Figura 14). Los datos disponibles no revelan razones para explicar su ausencia en las estaciones en que no fué encontrada; pero, desde un punto de vista general, *S. heraptera* es probablemente cosmopolita en su distribución dentro de las aguas exploradas.

S. lyra fué encontrada esporádicamente en la mayor parte de la región estudiada (Figura 15). La única relación de probable importancia es la de que esta especie está ausente en gran parte del área situada en las afueras de la costa meridional de México, caracterizada por sus aguas de bajo contenido de oxígeno y alto contenido de fosfato. Esto es, posiblemente, un ejemplo de la exclusión de una especie de un determinado tipo de agua.

La distribución de *S. minima* (Figura 16) es—en su mayor parte—muy similar a la de *S. lyra*. También ella aparentemente está excluida de parte de las aguas con bajo contenido de oxígeno y alto contenido de fos-

fato frente al oeste de México, pero no tanto como *S. lyra*. Además, es muy abundante en el Area 3 que tiene carácter similar en cuanto a las aguas con abundantes elementos nutritivos que se acercan a la superficie. Al tener informaciones más amplias sobre la distribución vertical y horizontal de estas dos especies, es posible que puedan ser utilizadas como indicadoras de los límites de aquella agua.

S. neglecta fué rara vez encontrada en el material de la Expedición Estropic (Figura 17). Las concentraciones más altas de esta especie estuvieron en el Golfo de Tehuantepec, donde las aguas son frecuentemente más ricas en elementos nutritivos, debido a los procesos vinculados con el afloramiento y la posición superficial de la termoclina. La presencia de la especie en otros lugares evidentemente no se relaciona con otras características hidrográficas.

Con excepción de su presencia en una estación al sur de las Islas Galápagos, *S. pulchra* está confinada a las aguas tropicales (Figura 18) y por ello bien podría demostrarse que tiene valor de indicadora en la determinación del límite entre las aguas de la Corriente Peruana y de la Corriente Surecuatorial y las de característica ecuatorial hacia el norte. Posiblemente puede ayudar, asimismo, a seguir el límite de las aguas con bajo contenido de oxígeno y alto contenido de fosfato en las afueras de la costa de México, dado que no está al norte del límite sur de aquella agua.

S. regularis tiene amplia distribución, aunque en números moderados, en casi toda la región tropical (Figura 19). Falta en las aguas más frías de la Corriente de California y de la Corriente Peruana. Por ello, promete ser útil como especie indicadora de los límites que separan las aguas ecuatoriales de las situadas al norte y al sur, que tienen características diferentes.

Nada puede afirmarse con respecto a las relaciones entre *S. robusta* (Figura 20) y las variables hidrográficas, dado que los datos obtenidos en las estaciones de los dos perfiles se contradicen en cuanto a su asociación con valores altos o bajos de S, O₂, PO₄-P y temperatura. En las muestras estudiadas, esta especie rara vez estuvo presente y es posible que ésta sea la causa de la aparente falta de correlaciones. No obstante, se observa que los porcentajes más altos están concentrados en áreas con bajo contenido de oxígeno y alto contenido de fosfato.

Por lo menos dos especies del grupo *serratodentata* están presentes en las colecciones de Eastropic. Positivamente fueron identificadas como *S. pacifica* y *S. pseudoserratodentata* (Figuras 21 y 22). Pero la presencia de ejemplares jóvenes, de identidad discutible, hace imposible cualquier consideración de las afinidades de las especies del grupo en relación con las características hidrográficas. Furnestin (1953) encontró que las distintas especies de este grupo del Atlántico Oriental y Mediterráneo raras veces existen en las mismas aguas. Allá, las especies están separadas

principalmente por su tolerancia salina. En el presente, no es posible hacer distinciones similares entre las especies del Pacífico Oriental Tropical.

S. tenuis ha sido encontrada sólo en estaciones del Golfo de Panamá y en su vecindad (Figura 23). La distribución está limitada a un área tan pequeña que no puede admitirse que la especie pueda tener valor como indicadora hasta que pueda demostrarse que está asociada con áreas de alta productividad, tales como las aguas costeras y las de mar afuera caracterizadas por el domo termal al oeste de Centroamérica.

Krohnitta pacifica puede ser otra de las especies cuya distribución está influida por las aguas de bajo contenido de oxígeno frente a México (Figura 24). Sin embargo, su ausencia en aguas de esta característica se limita a las áreas más alejadas de la costa. También está ausente en las aguas de las Corrientes Peruana y de California.

K. subtilis estuvo presente en las estaciones situadas en las aguas de todas las corrientes dentro de la región estudiada (Figura 25). Faltó en parte de las aguas mexicanas arriba mencionadas, pero los límites de su distribución en aquella área no corresponden a las limitaciones de aquella agua.

Eukrohnite hamata se presenta sólo en los extremos norte y sur de los dos perfiles, en las aguas frente al Golfo de Panamá y en las próximas a las Islas Galápagos (Figura 26). *E. hamata* fué encontrada muy poco frecuentemente, por lo que no pudo atribuírsele ningún uso como especie indicadora.

Pterosagitta draco aparentemente tiene una distribución cosmopolita en la región estudiada (Figura 27). Las Areas 1, 5 y 8 tuvieron los mayores números de esta especie, pero las correlaciones entre su abundancia en aquellas áreas y las características de la hidrografía no resultan evidentes.

SUMARIO Y CONCLUSIONES

De las 19 especies de Quetognatos identificadas en las muestras de zooplancton de Eastropic, las siguientes merecen atención detenida con vistas a su posible uso como indicadoras biológicas de las condiciones hidrográficas en el Pacífico Oriental Tropical:

S. bedoti puede indicar movimientos de agua en la región limítrofe entre las Corrientes Peruana y Surecuatorial y las aguas ecuatoriales más cálidas hacia el norte.

Observando la distribución de *S. lyra*, *S. minima*, *S. pulchra* y *K. subtilis* en la región de las aguas de bajo contenido de oxígeno y alto contenido de fosfato en las afueras de la costa de México, podría determinarse la extensión del área que está bajo la influencia de esas aguas.

S. pulchra podría probar ser una indicadora del límite entre aguas frías y cálidas en la región del ecuador, especialmente en la parte del borde que está cerca de la costa de Sudamérica.

S. regularis y *K. pacifica* parecen tener su morada en aguas cálidas. *K. pacifica* parece estar limitada en su distribución también por su afinidad hacia aguas con alto contenido de oxígeno. La distribución de estas dos especies puede apoyar la información obtenida mediante observaciones sobre la distribución de *S. bedoti* y *pulchra* en la región ecuatorial.

Como se ha afirmado al comienzo, este informe es de índole preliminar y sólo tiene la finalidad de dar una idea de algunas de las posibilidades de utilizar ciertas especies como "indicadoras". Las seis especies antes mencionadas parecen ser—en el presente—las más promisorias en este respecto. Sin embargo, algunas de ellas o todas podrían ser descalificadas y otras especies ser halladas de importancia a la luz de futuros hallazgos. El próximo paso es el de determinar la distribución vertical de las distintas especies en la columna de agua.

LITERATURE CITED — BIBLIOGRAFIA CITADA

Alvariño, Angeles

- 1957 Estudio del zooplancton del Mediterráneo Occidental. Zooplancton del Atlántico Ibérico. Campañas del "Xauen" en el verano del 1954.

Bol. Inst. Español de Oceanogr., Nos. 81 y 82, 51 pp.

Baldasseroni, V.

- 1915 Chaetognati dalle pubblicazioni R. Istituto di studi superior di Firenze. IN Raccolte plantoniche fatte dalla R. Nave "Liguria" del viaggio di circonnavigazione del 1903-05, Vol. 2, No. 5, pp. 85-118.

Bieri, Robert

- 1957a Distribution of the planktonic Chaetognatha in the water masses of the Pacific.

Univ. Calif. Ph.D. Dissertation.

- 1957b Chaetognath fauna off Peru in 1941.

Pac. Sci., Vol. 2, No. 3, pp. 255-264.

Bigelow, H. B.

- 1926 Plankton of the offshore waters of the Gulf of Maine.

U.S. Bu. Fish., Bull. 40, No. 2, pp. 1-509.

Brandhorst, Wilhelm

- 1958 Thermocline topography, zooplankton standing crop, and mechanisms of fertilization in the eastern tropical Pacific.

Jour. du Cons., Cons. Internat. Expl. Mer, Vol. 24, No. 1, pp. 16-31.

Cromwell, Townsend

- 1958 Thermocline topography, horizontal currents and "ridging" in the Eastern Tropical Pacific.

Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull., Vol. 3, No. 3, pp. 135-152 (English), pp. 153-164 (Spanish).

Fraser, J. H.

- 1952 The Chaetognatha and other zooplankton of the Scottish area and their value as biological indicators of hydrographical conditions.

Scottish Home Dept., Mar. Res. Pub. 2, 52 pp.

Furnestin, M. L.

- 1953 Contribution a l'étude morphologique, biologique et systematic de *Sagitta serrato-dentata* Krohn les eaux atlantique du Maroc. Inst. Oceanogr., Bull. 50, No. 1025, 39 pp.

Holmes, R. W., M. B. Schaefer, and B. M. Shimada

- 1957 Primary production, chlorophyll and zooplankton volumes in the Tropical Eastern Pacific Ocean.
Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull., Vol. 2, No. 4, pp. 127-156
(English), pp. 157-169 (Spanish).

Huntsman, A. G.

- 1919 A special study of the Canadian Chaetognaths, their distribution, etc., in the waters of the Eastern coast.
Canada, Dept. of Naval Serv., Canad. Fish Exped. 1914-1915, pp. 421-85.

Meek, A.

- 1928 On *Sagitta elegans* and *Sagitta setosa* from the Northumbrian plankton, with a note on a trematode parasite.
Zool. Soc. Proc., pp. 743-776.

Michael, E. L.

- 1908 Notes on the identification of the Chaetognatha.
Biol. Bull., Vol. 15, No. 2, pp. 67-84.
- 1911 Classification and vertical distribution of the Chaetognatha of the San Diego region including redescrptions of some doubtful species of the group.
Univ. Calif., Pubs. Zool., Vol. 8, No. 3, pp. 21-186.

Ritter-Zahony, R.

- 1911 Revision der Chaetognathen.
Deutsche Südpolar Exped. 1901-03., Zool., Vol. 5, No. 1, 71 pp.

Russel, F. S.

- 1935a On the value of certain of the plankton as indicators of water movements in the English Channel and North Sea.
Jour Mar. Biol. Assoc., Vol. 20, No. 2, pp. 309-332.
- 1935b A review of some aspects of zooplankton research.
Cons. Perm. Internat. Expl. Mer, Rapp. Proc-Verb., Vol. 95, pp. 5-29.
- 1939 Hydrographical and biological conditions in the North Sea as indicated by plankton organisms.
Jour du Cons., Cons. Internat. Expl. Mer, Vol. 14, No. 2, pp. 172-192.

Schaefer, M. B.

- 1956 Report on the investigations of the Inter-American Tropical Tuna Commission for the year 1955.
Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Ann. Rept. for 1955, pp. 26-58
(English), pp. 59-95 (Spanish).

Sund, P. N.

- 1959 A key to the Chaetognatha of the Tropical Eastern Pacific Ocean.
Pac. Sci., Vol. XIII, No. 3, pp. 269-285.

Sverdrup, H. U.

- 1943 Oceanography for meteorologists.
Prentice-Hall, Inc., New York, 246 pp.

Sverdrup, H. U., M. W. Johnson, and R. H. Fleming

- 1942 The oceans, their physics, chemistry and general biology.
Prentice-Hall, Inc., New York, 1087 pp.

Sverdrup, H. U. and R. H. Fleming

- 1941 The waters off the coast of southern California, March to July 1937.
Univ. Calif. Scripps Inst. Oceanogr., Bull., Vol. 4, No. 10, pp. 261-378.

Thomson, J. M.

- 1947 The Chaetognatha of South-eastern Australia.
Austral. Council Sci. Indus. Res., Bull 222, 43 pp.

Wooster, W. S. and Townsend Cromwell

- 1958 An oceanographic description of the Eastern Tropical Pacific.
Univ. Calif. Scripps Inst. Oceanogr., Bull., Vol. 7, No. 3, pp. 169-282.